

Pengaruh Air Laut sebagai Air Pencampur dan Air Perawatan pada Karakteristik Pasta Semen dan Mortar

Adiwijaya Ali^{1,a} dan Irka Tangke Datu^{2,b}

¹ Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Jl. Perintis Kemerdekaan Km.10 Tamalanrea, Makassar

² Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Jl. Perintis Kemerdekaan Km.10 Tamalanrea, Makassar

^a adiwijaya_ali@poliupg.ac.id

^b irkatd@poliupg.ac.id

Abstract—The goal of this research is to investigate the influence of seawater as mixing water and curing water on characteristics of cement paste and mortar. Research was conducted with making mixtures of cement paste and mortar using two kind of cement, Portland Composite Cement (PCC) and Pozzolana Portland Cement (PPC) with seawater as mixing water. Characteristics of fine aggregate and characteristics of cement paste with seawater mixing were investigated. Furthermore, 144 cube mortar specimens in size of 5 cm x 5 cm x 5 cm in four series mortar mixtures were casted according with SNI 03-6825-2002. At 24 hours after specimens were casted, cube mortar specimens were cured in tap water curing (TC), seawater curing (SC) and air curing (AC). After achievement at certain curing day of 3, 7, 14 and 28 days, cube mortar samples were tested in compressive strength. Results concluded that seawater mixing improves compressive strength of mortar up to 28 days in all curing conditions, TC, SC and AC. Moreover, strength of mortar is not affected by type of curing water, tap water or seawater.

Keywords—Tap water mixing; seawater mixing; cement paste; mortar; compressive strength

Abstrak—Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh air laut sebagai air pencampur dan air perawatan pada karakteristik pasta semen dan mortar. Penelitian dilakukan dengan membuat adukan pasta semen dan mortar dengan dua jenis semen, Portland Composite Cement (PCC) dan Pozzolana Portland Cement (PPC) menggunakan air laut sebagai air pencampur. Karakteristik agregat halus dan karakteristik pasta semen pencampur air laut diteliti. Selanjutnya, 144 sampel kubus mortar ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm dengan empat variasi campuran mortar dicetak sesuai standar SNI 03-6825-2002. Pada 24 jam setelah benda uji dicetak, spesimen mortar dirawat dalam perawatan air tawar (TC), perawatan air laut (SC), dan di udara (AC). Setelah mencapai umur perawatan tertentu 3, 7, 14, dan 28 hari, sampel kubus mortar diuji tekan. Hasil penelitian disimpulkan bahwa pencampur air laut memperbaiki kuat tekan mortar sampai umur perawatan 28 hari di seluruh kondisi

perawatan, TC, SC dan AC. Selain itu, kuat tekan mortar tidak dipengaruhi oleh jenis air perawatan, air tawar atau air laut.

Kata Kunci—Pencampur air tawar; pencampur air laut; pasta semen; mortar; kuat tekan

I. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia yang terdiri 17.580 pulau dengan garis pesisir pantai 81.000 km. Kondisi geografis ini, sangat menuntut kebutuhan pembangunan sarana infrastruktur terutama konstruksi, seperti jalan raya, pelabuhan, dermaga dan lain-lain. Dengan semakin meningkatnya pembangunan infrastruktur, maka semakin meningkat pula permintaan penggunaan material konstruksi seperti mortar atau beton. Hal ini berdampak langsung pada peningkatan kebutuhan material beton seperti air pencampur (*mixing water*) yang secara global miliar ton air bersih setiap tahun digunakan sebagai air pencampur dan air perawatan dalam industri beton [1].

Umumnya, kebanyakan peraturan dan standar struktur beton menghindari pemanfaatan air laut pada industri beton, karena dapat meningkatkan resiko percepatan korosi awal (*initial corrosion*). Namun, dalam beberapa referensi dinyatakan bahwa dalam situasi-situasi yang tidak dapat dihindari, air laut dapat digunakan sebagai air pencampur, tidak hanya untuk beton biasa, tetapi juga untuk beton bertulang [2]-[4]. Oleh karena itu, industri konstruksi khususnya industri beton perlu menyelidiki dan mempertimbangkan potensi pemanfaatan air laut (*seawater*) sebagai air pencampur

mortar atau beton guna menghemat penggunaan air tawar dan juga mengatasi kelangkaan air bersih.

Penelitian terkait pemanfaatan air laut sebagai air pencampur mortar dan beton telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya [5]-[8]. Namun, penelitian mengenai pengaruh air laut sebagai air pencampur terhadap pasta semen dan mortar belum diinvestigasi secara menyeluruh. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menyelidiki pengaruh air laut sebagai air pencampur dan air perawatan pada karakteristik pasta semen dan mortar. Pengaruh jenis air pencampur, jenis semen dan kondisi perawatan terhadap karakteristik pasta semen dan mortar didiskusikan dalam artikel ini.

II. Metode Penelitian

A. Material

Dalam penelitian ini digunakan agregat halus pasir sungai dan dua jenis perekat semen, Portland Composite Cement (PCC) dengan Berat Jenis (BJ) 2.984 dan Pozzolana Portland Cement (PPC) dengan Berat Jenis (BJ) 2.986, sedangkan air pencampur digunakan ialah air laut alami diambil di perairan Kabupaten Pangkajene Kepulauan Sulawesi Selatan pada musim kemarau. Sifat-sifat karakteristik agregat halus, seperti berat jenis Saturated Surface Dry (SSD) 2.59, Penyerapan 4.37 % dan modulus kehalusan 1.73. Tabel 1 menunjukkan komposisi senyawa kimia semen yang diukur menggunakan Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS). Sementara itu, komposisi kimia air laut diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi Senyawa Kimia Semen

Senyawa	Komposisi (%)	
	PCC	PPC
Na ₂ O	0,22	1,41
MgO	0,67	2,17
Al ₂ O ₃	4,01	8,08
SiO ₂	12,34	18,61
SO ₃	4,03	3,72
K ₂ O	1,22	1,81
CaO	74,73	59,58
TiO ₂	0,16	0,15
MnO	0,17	-
FeO	2,45	4,47

B. Sampel Mortar

Matriks sampel mortar yang diteliti dalam artikel ini ditunjukkan pada Tabel 3. Sampel-sampel mortar dibuat dengan menggunakan semen PCC dan semen PPC dengan dua jenis air pencampur, air tawar (T) dan air laut alami (S) yang diambil dimusim kemarau. Sampel mortar dirancang dan dicetak sesuai SNI 03-6825-2002 [9]. Tabel 4 mendemonstrasikan rancangan campuran dan nilai konsistensi sampel mortar yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 2. Komposisi Kimia Air Laut

pH	Komposisi kimia (ppm)					
	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
7,99	23340	910	583	302	356	7330

Tabel 3. Matriks Sampel Mortar

Kode sampel	Jenis semen	Air pencampur	Kondisi perawatan		
			TC	SC	AC
M-CT	PCC	Air Tawar	√	√	√
M-CS		Air Laut	√	√	√
M-PT	PPC	Air Tawar	√	√	√
M-PS		Air Laut	√	√	√

Keterangan:

M-CT : Mortar pencampur air tawar,semen PCC

M-CS : Mortar pencampur air payau, semen PCC

M-PT : Mortar pencampur air tawar,semen PPC

M-PS : Mortar pencampur air payau, semen PPC

TC : Perawatan air tawar

SC : Perawatan air laut

AC : Perawatan di udara

√ : Pengujian dilakukan pada umur 3,7, 14 dan 28 hari

Tabel 4. Rancangan Campuran Mortar

Kode Sampel	Material (gram)			Konsistensi (%)
	Semen	Pasir	Air	
M-CT	500	1375	337,5	113,61
M-CS	500	1375	337,5	102,23
M-PT	500	1375	337,5	114,11
M-PS	500	1375	337,5	104,21

C. Metode Pengujian

Setelah rancangan campuran mortar ditentukan, kemudian sampel mortar 5 cm x 5 cm x 5 cm dicetak dengan pencampur air tawar dan pencampur air laut. 24 jam setelah dicetak, sampel mortar dibuka dari cetakan, lalu dirawat dalam perawatan air tawar (TC), perawatan air laut (SC), dan di udara (AC). Sampai pada perawatan umur tertentu 3, 7, 14 dan 28 hari, selanjutnya sampel diuji kuat tekan mengacu pada SNI 03-6825-2002 menggunakan peralatan Compression Test Machine. Tiga sampel kubus mortar setiap pengujian dicatat sebagai data kuat tekan mortar.

III. Hasil dan Pembahasan

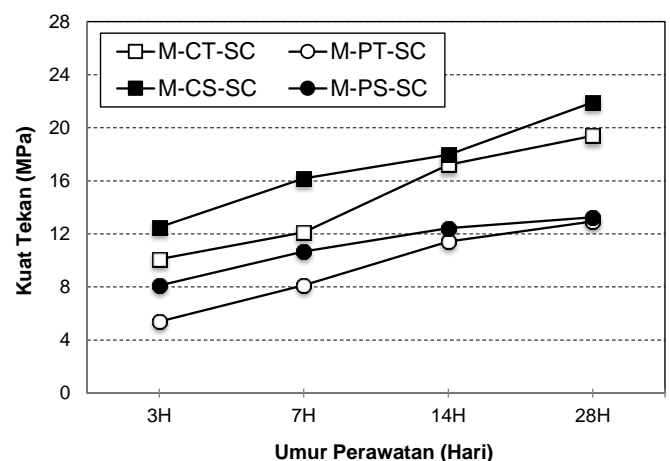
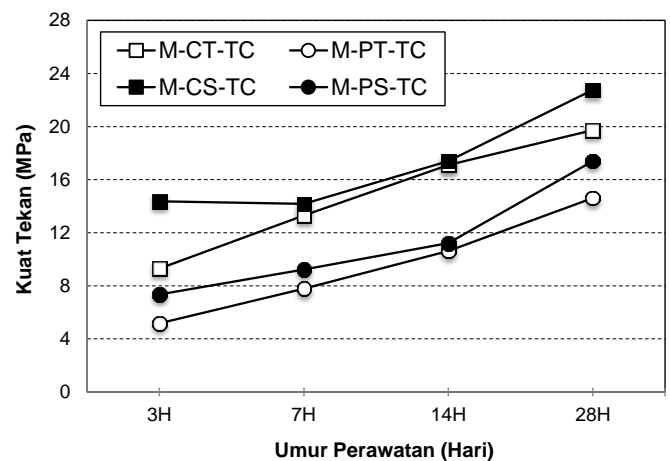
A. Karakteristik Pasta Semen

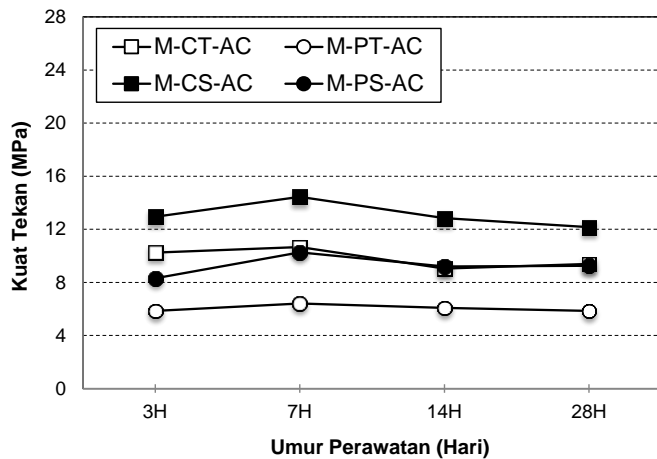
Hasil pemeriksaan karakteristik pasta semen seperti konsistensi normal dan waktu pengikatan menggunakan pencampur air laut dan dan pencampur air tawar dengan dua jenis semen diperlihatkan pada Tabel 5. Hasil pengujian diperoleh bahwa konsistensi normal pasta semen pencampur air tawar dan pasta semen pencampur air laut tidak berbeda signifikan, memenuhi standar konsistensi normal antara 110%-120%. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa konsistensi pasta semen dengan PCC tidak dipengaruhi oleh jenis air pencampur, pencampur air tawar dan pencampur air laut. Namun, karakteristik berbeda didapatkan pada pasta semen dengan PPC, konsistensi pasta semen dengan pencampur air laut lebih kecil dari konsistensi pasta semen pencampur air tawar. Perbedaan konsistensi yang terjadi pada semen PPC diduga akibat pengaruh komposisi senyawa kimia semen, terutama senyawa Al_2O_3 dan CaO yang merupakan senyawa yang berperan terhadap panas hidrasi semen dan reaksi hidrasi semen. Sebagaimana diketahui bahwa panas hidrasi yang lebih besar dapat menyebabkan konsistensi atau kelecakan mortar menjadi menurun.

Tabel 5. Karakteristik Pasta Semen

Karakteristik	PCC		PPC	
	T	S	T	S
Konsistensi normal (%)	110,4	110,1	106,1	88,3
Waktu pengikatan awal (menit)	163	108	177	150
Waktu pengikatan akhir (menit)	270	180	255	210

Terkait waktu pengikatan awal pasta semen (*setting time*), hasil pengujian menunjukkan bahwa pengikatan awal pasta semen pencampur air laut lebih cepat dari pengikatan awal pasta semen pencampur air tawar pada





Gambar 1. Perkembangan Kuat Tekan Mortar

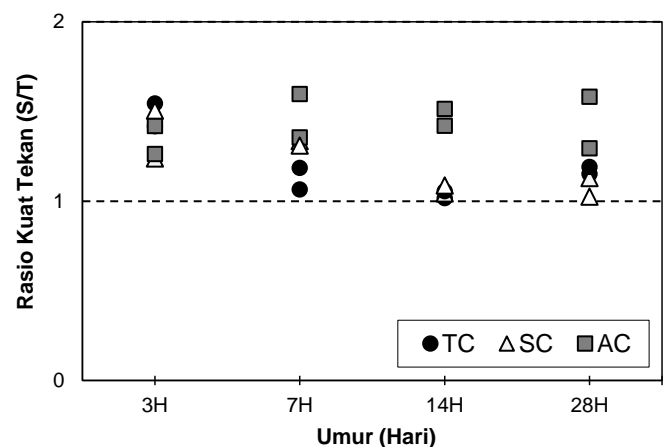
kedua jenis semen, PCC dan PPC. Kecepatan pengikatan awal pasta semen pencampur air laut mencapai 1.3 kali lebih cepat dibandingkan dengan pengikatan awal pasta semen pencampur air tawar. Demikian pula pada waktu pengikatan akhir (*final setting*), pasta semen pencampur air laut lebih cepat dibandingkan dengan pasta semen pencampur air tawar. Secara umum, hasil observasi dapat disimpulkan bahwa pencampur air laut mengakselerasi proses hidrasi semen, sehingga pasta semen lebih awal mengeras dibandingkan pencampur air tawar. Fenomena ini terjadi diprediksi akibat pengaruh salinitas air laut, terutama kandungan senyawa klorida (NaCl) sebagai senyawa yang mempercepat hidrasi semen. Hal yang sama telah diungkapkan juga oleh peneliti sebelumnya [5].

B. Perkembangan Kuat Tekan Mortar

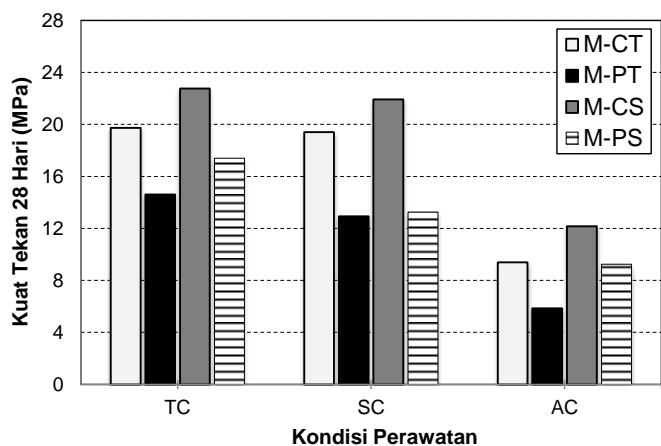
Perkembangan kuat tekan mortar pencampur air tawar dan mortar pencampur air laut dengan semen PCC dan semen PPC dalam seluruh kondisi perawatan TC, SC dan AC diperlihatkan pada Gambar 1. Hasil diperoleh bahwa seluruh sampel mortar mengalami peningkatan kuat tekan seiring pertambahan umur perawatan. Meskipun, sampel mortar dalam perawatan di udara AC mengalami perkembangan kuat tekan lebih kecil dibandingkan dalam perawatan air, TC dan SC. Berdasarkan hasil uji tekan dapat diekspresikan bahwa perkembangan kuat tekan mortar pencampur air tawar dan mortar pencampur air laut tidak dipengaruhi oleh jenis semen dan kondisi perawatan.

C. Pengaruh Air Pencampur

Pengaruh jenis air pencampur, air tawar dan air laut sebagai terhadap kuat tekan mortar didemonstrasikan dalam nilai rasio kuat tekan antara mortar pencampur air laut dan mortar pencampur air tawar (S/T) sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 2. Hasil analisis rasio kuat tekan dari seluruh sampel mortar pada berbagai umur perawatan memperlihatkan bahwa nilai rasio kuat tekan berada di atas garis persamaan (rasio > 1) atau diperoleh kuat tekan mortar pencampur air laut lebih tinggi dari kuat tekan mortar pencampur air tawar. Hasil yang sama juga dinyatakan oleh referensi pada penelitian sebelumnya [7]. Hasil penelitian mengekspresikan bahwa air laut sebagai air pencampur dapat memperbaiki kuat tekan mortar sampai pada umur 28 hari. Perbaikan kuat tekan mortar diduga akibat pengaruh salinitas air laut yang dapat mempercepat hidrasi semen sebagaimana telah dijelaskan pada sub bagian sebelumnya. Rasio kuat tekan terbesar diperoleh dalam perawatan di udara, AC.



Gambar 2. Rasio Kuat Tekan Mortar (S/T)



Gambar 3. Pengaruh Air Perawatan (TC dan SC)

D. Pengaruh Kondisi Perawatan

Perawatan merupakan salah satu faktor penting yang dapat mempengaruhi kuat tekan mortar dan beton. Hasil penyelidikan terkait pengaruh kondisi perawatan terhadap kuat tekan mortar pencampur air tawar dan mortar pencampur air laut umur perawatan 28 hari diilustrasikan pada Gambar 3. Berdasarkan hasil pengamatan di laboratorium menunjukkan bahwa kuat tekan mortar pencampur air tawar dan mortar pencampur air laut dengan perawatan air tawar (TC) sedikit lebih besar dibandingkan kuat tekan mortar dengan perawatan air laut (SC), tetapi tidak berbeda secara signifikan. Meskipun, pada kuat tekan mortar pencampur air laut dengan semen PPC (M-PS) perbedaannya sedikit lebih besar. Namun, secara umum perbedaan kuat tekan sampel mortar pada kedua jenis perawatan air ini dapat disimpulkan hampir sama dalam nilai kuat tekan. Sehingga, hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kuat tekan mortar tidak dipengaruhi jenis air perawatan, air tawar dan air laut. Sementara itu, sampel mortar dengan perawatan di udara (AC) memperlihatkan nilai kuat tekan mortar lebih kecil dibandingkan dengan perawatan air. Hal ini terjadi akibat proses hidrasi semen yang tidak berjalan secara normal. Sebagaimana diketahui bahwa proses hidrasi atau reaksi semen memerlukan air untuk hidrasi guna menghasilkan senyawa *Calcium Silicate Hydrate* (C3S) sebagai senyawa utama pembentuk kekuatan mortar dan beton.

Tabel 6. Persyaratan Kinerja Beton untuk Air Pencampur

Batasan		Hasil Penelitian	Pedoman
Persentase (%) kekuatan tekan, minimum terhadap kontrol pada umur 7 hari	90	Memenuhi	ASTM C31/C311, ASTM C39/C391, SNI 7974:2013
Deviasi waktu pengikatan terhadap control, jam:menit	Lebih Awal, 1:00 Lebih Lambat, 1:30	Memenuhi	ASTM C403/C403M, SNI 7974:2013

Hasil penelitian yang telah dilakukan di laboratorium dapat diungkapkan bahwa air laut memenuhi syarat atau spesifikasi sebagai air pencampur sesuai Standar Air Pencampur untuk Beton, SNI 7974-2013 sebagaimana dijelaskan pada Tabel 6 [10]. Selanjutnya, air laut direkomendasikan dapat digunakan sebagai air pencampur maupun sebagai air perawatan dalam produksi mortar dan beton.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Air laut dapat memperbaiki kuat tekan mortar sampai pada umur 28 hari.
2. Kuat tekan mortar pencampur air tawar dan mortar pencampur air laut tidak dipengaruhi oleh jenis air perawatan, air tawar dan air laut.
3. Air laut dapat digunakan sebagai air pencampur maupun sebagai air perawatan dalam produksi mortar dan beton.

Ucapan Terima Kasih

Penulis utama menyampaikan terima kasih kepada Bapak Amirullah dan Bapak Syafar Rahman yang telah membantu pelaksanaan riset ini sampai selesai. Demikian pula, kepada Unit Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (UPPM) Politeknik Negeri Ujung Pandang, terima kasih dan penghargaan penulis ucapkan atas dukungan dan bantuan selama proses penelitian ini berlangsung, mulai proses seleksi proposal, pelaksanaan

penelitian hingga proses perampungan laporan. Terakhir, terima kasih dan apresiasi kepada Institusi Politeknik Negeri Ujung Pandang atas dukungan dana, sehingga penelitian ini berjalan dengan baik dan sukses.

Daftar Pustaka

- [1] N. Otsuki, D. Furuya, S. Saito, and Y. Tadokoro, "Possibility of sea water as mixing water in concrete," [Proceeding of 36th Conference on Our world in Concrete & Structures, Singapore, 2011].
- [2] Bureau of Indian Standards, Plain and Reinforced Practice, 4th revision: India, 2000, p 14.
- [3] Japan Society of Civil Engineers, Standard Specifications for Concrete Structures-2002: Material and Construction: JSCE Japan, 2002, p 75.
- [4] L. Bertolini, B. Elsener, P. Pedersen, E. Redaelli, and R. Polder, Corrosion of Steel in Concrete, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2013.
- [5] Adiwijaya, D. Yamamoto, A. Dasar, H. Hamada and Y. Sagawa, "Effects of seawater mixing and curing on strength and carbonation of fly ash concrete," Journal of Structures and Materials in Civil Engineering No. 29, pp. 97-103, December 2013.
- [6] Adiwijaya, H. Hamada, Y. Sagawa, dan D. Yamamoto, "Effects of mineral admixtures on strength characteristics of concrete mixed with seawater," [Proceeding of The 6th International Conference of Asian Concrete Federation (ACF), Seoul, 2014].
- [7] R. Puspitasari, Studi Kekuatan Mortar Dengan Menggunakan Air Tawar Dan Air Laut Sebagai Air Pencampur, Laporan Tugas Akhir Universitas Hasanuddin: Indonesia, 2014.
- [8] TU. Mohammed, H. Hamada and T. Yamaji, "Performance of seawater-mixed concrete in the tidal environment," Journal of Cement and Concrete Research 34, pp. 593-601, 2004.
- [9] Badan Standarisasi Nasional, Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland untuk Pekerjaan Sipil, SNI 03-6825-2002: Indonesia, 2002, p 10.
- [10] Badan Standarisasi Nasional, Spesifikasi Air Pencampur yang Digunakan dalam Produksi Beton Semen Hidraulis, SNI 7974-2013: Indonesia, 2013, p 12.